

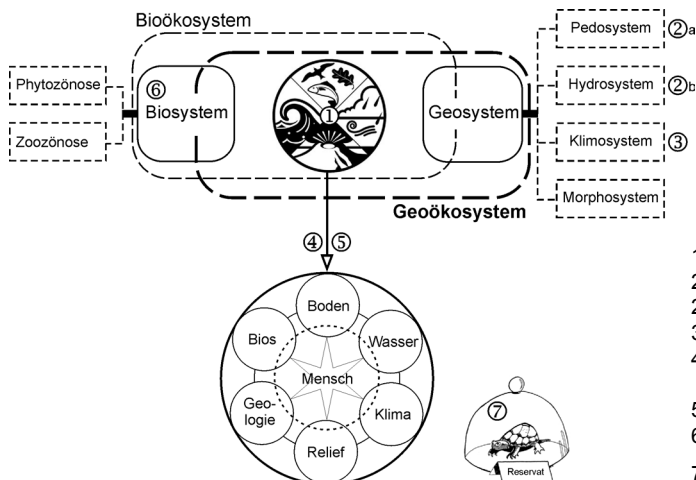


Geo-Ökosystem Erde Gesamtsicht

Andreas Schellenberger
GIUB



Übersichtsschema der Vorlesung



1. Übersicht
- 2a. Boden
- 2b. Wasser
3. Klima
4. C-Kreislauf
/Energie
5. Stoffflüsse
6. Bioökosysteme
7. Biodiversität



To do

- ⊕ Die Erde in Raum und Zeit
(Zur „Besonderheit“ der irdischen Biosphäre)
- ⊕ Begriffsklärungen: Geo + Öko mit System?
- ⊕ Das Geo-Ökosystem Erde
 - die Subsysteme
 - die natürliche Dynamik
 - das Anthropozän
- ⊕ *Earth System Science* (IGBP)



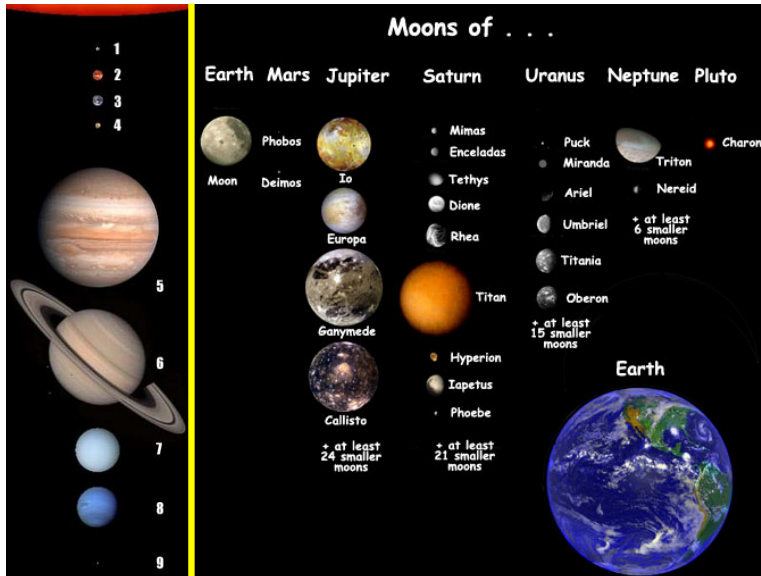
Die Erde in Zeit und Raum

Biosphäre

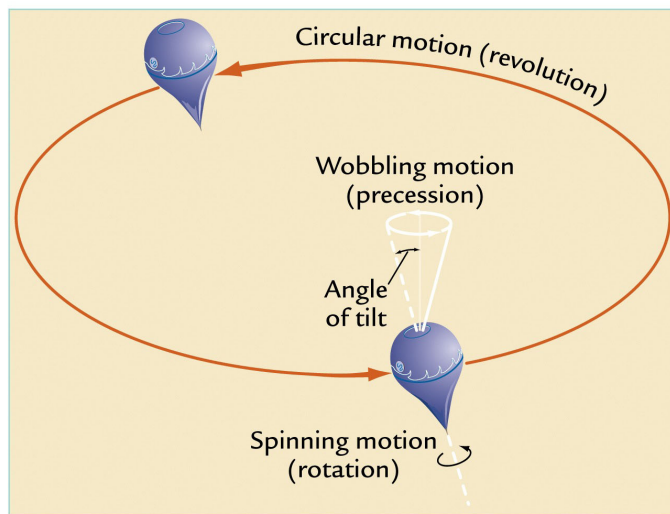




Mond



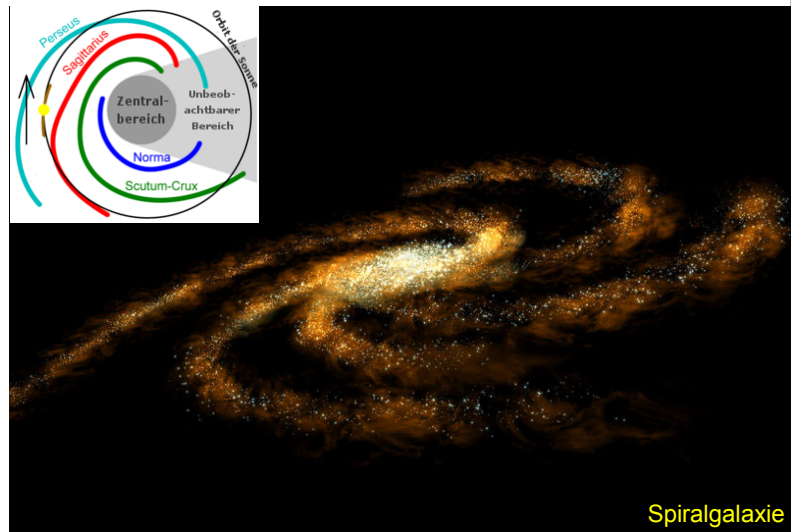
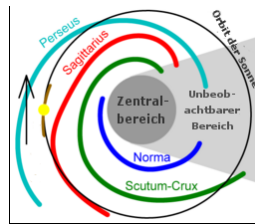
Mond



Stabilisierung der
Erdbahnparameter



Galaxie und Sonnensystem



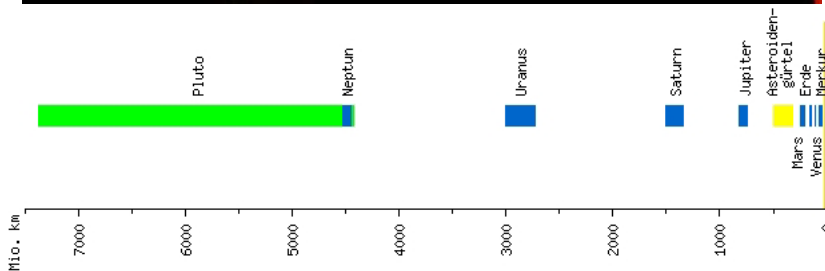
Spiralgalaxie



Galaxie und Sonnensystem

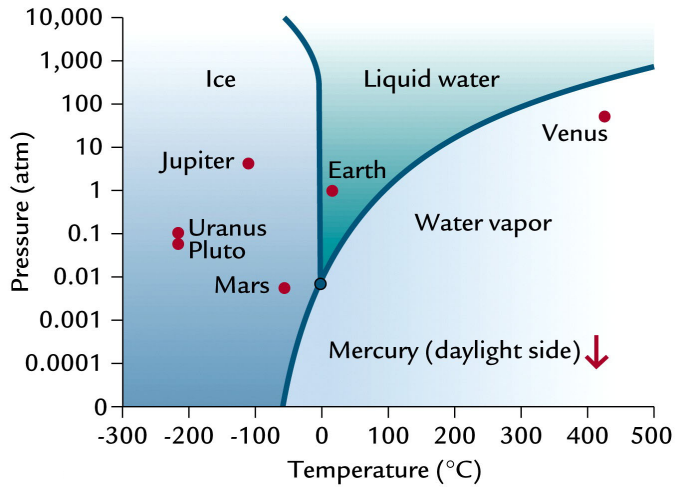


Venus 108 Mio. km
 Erde 149 Mio. km
 Mars 228 Mio. km

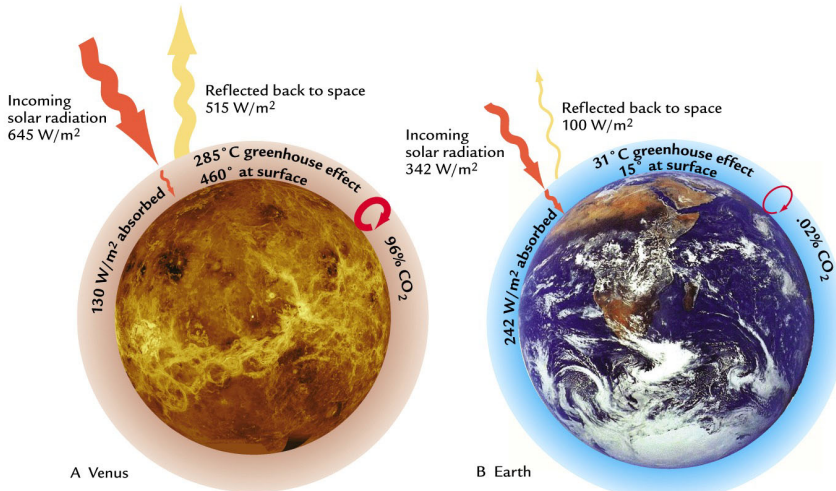




Sonnensystem: Vergleichende Planetologie



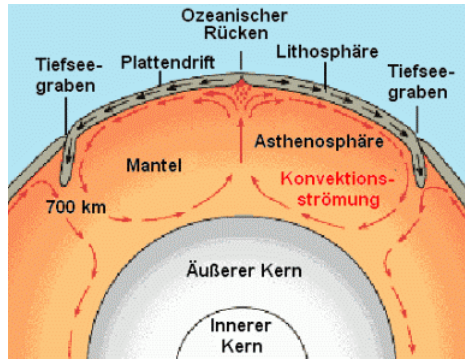
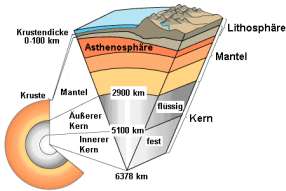
Sonnensystem: Vergleichende Planetologie



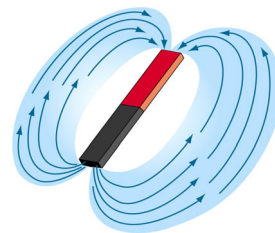
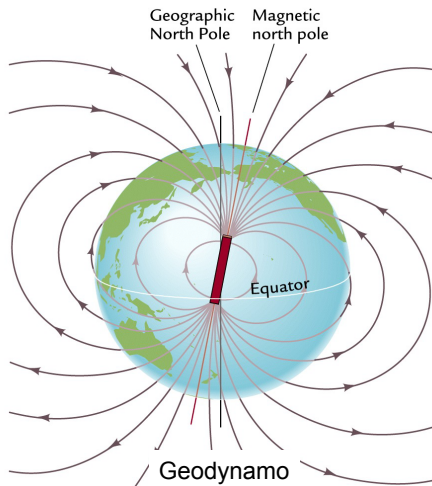


Schalenbau der Erde

Konvektion



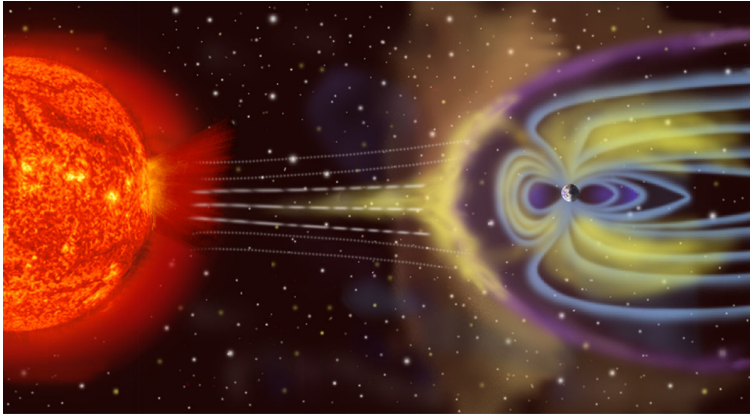
Erdmagnetfeld



Stabmagnet



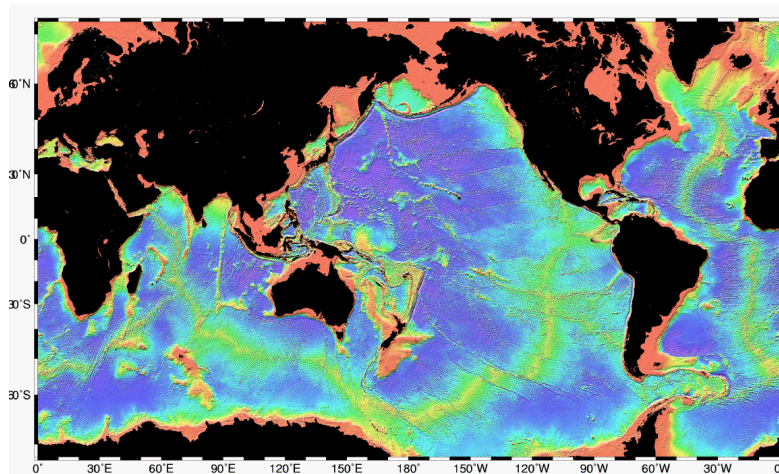
Erdmagnetfeld



Die Magnetosphäre schirmt die Erdoberfläche von den geladenen Partikeln des Sonnenwindes ab.



Plattentektonik



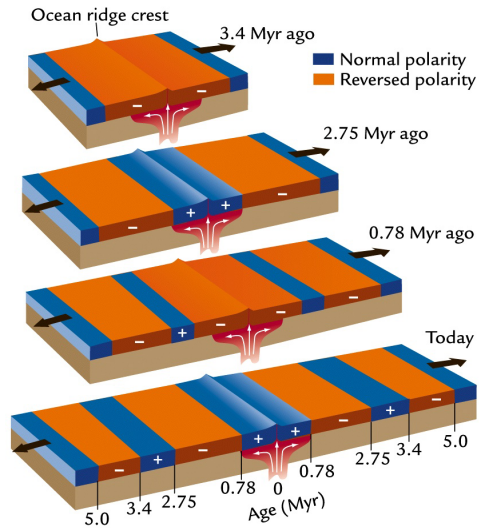
Topographie Ozeanboden



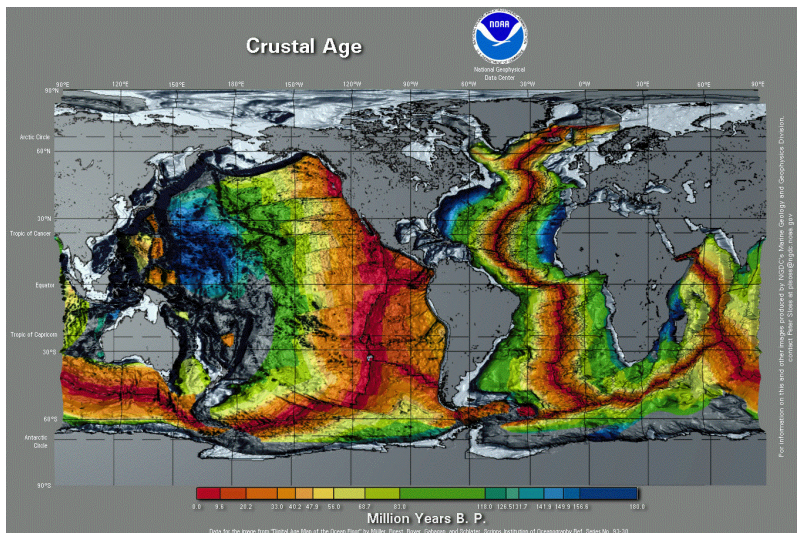
Plattentektonik

Magnetostratigraphie

‘Seafloor Spreading’
an den mittelozeanischen Rücken

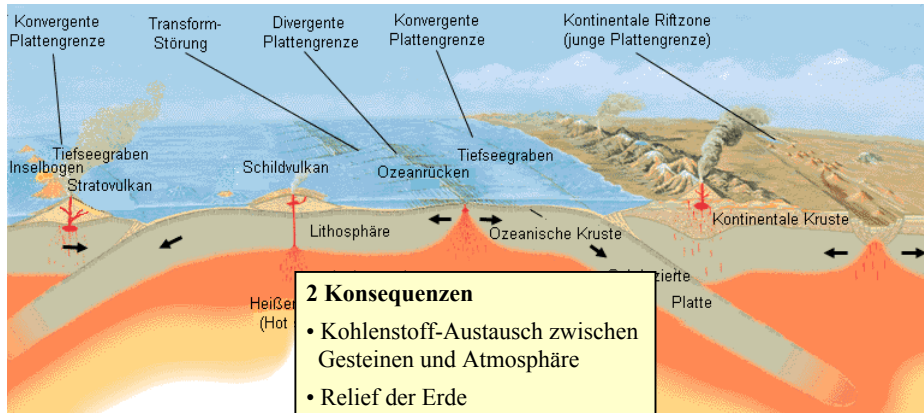


Plattentektonik

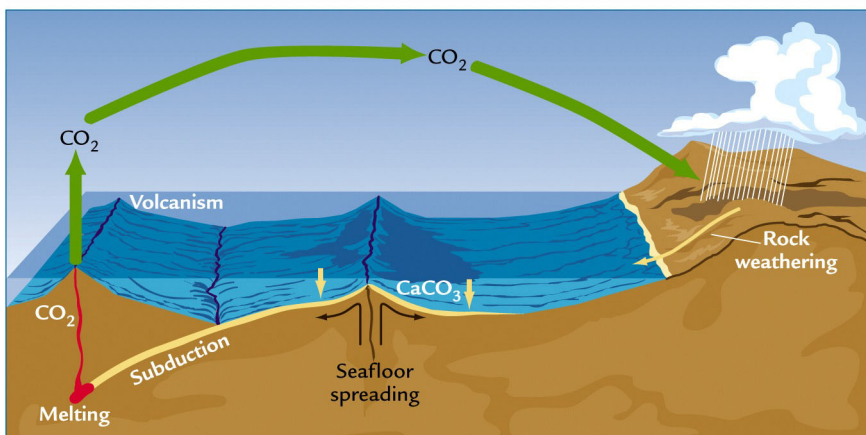




Plattentektonik



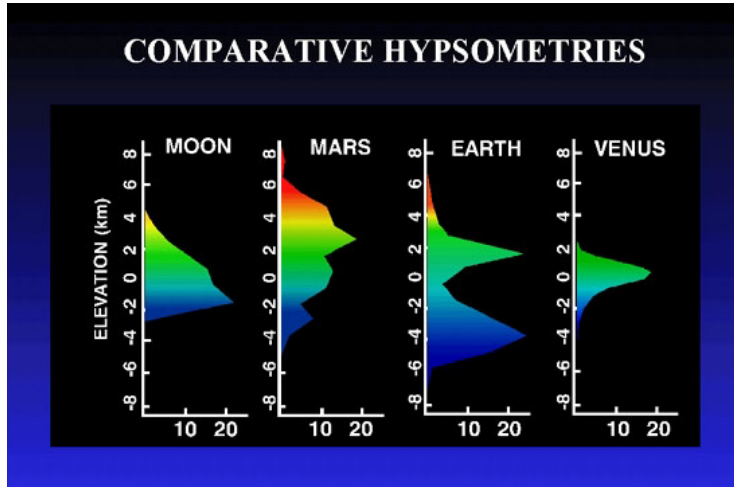
Plattentektonik: Kohlenstoff-Austausch



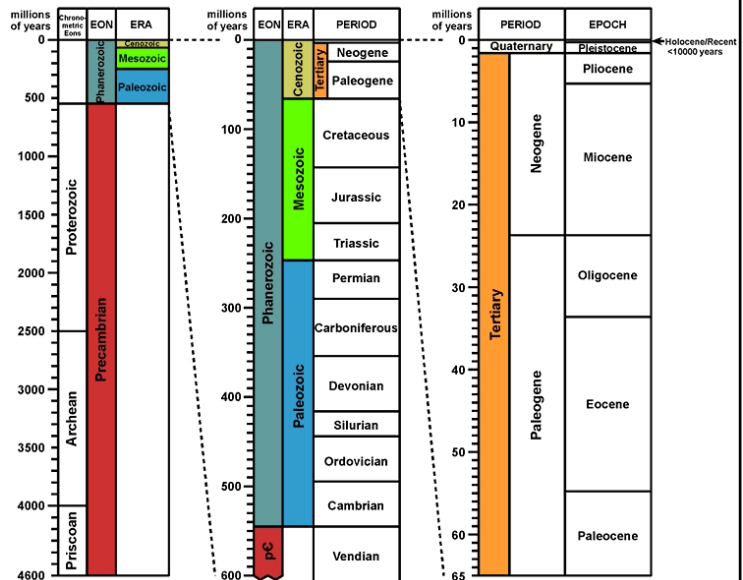
...ermöglicht eine Modifizierung des Treibhauseffekts



Plattentektonik: Hypsometrische Kurve



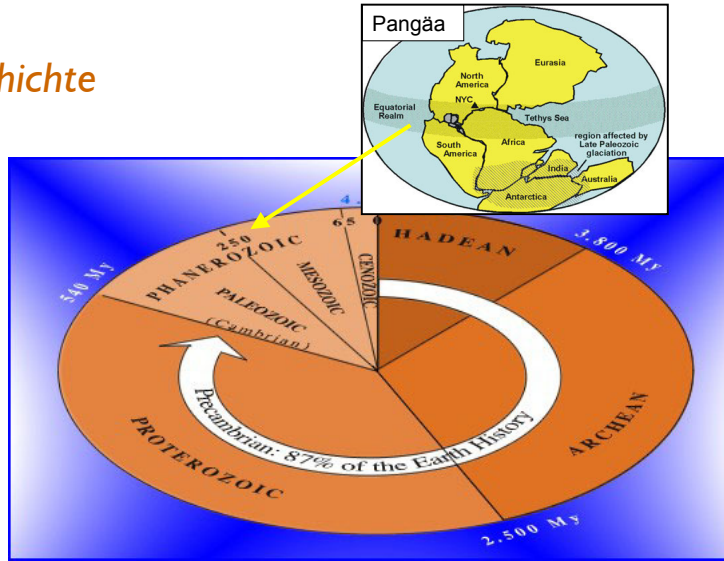
Erd- geschichte





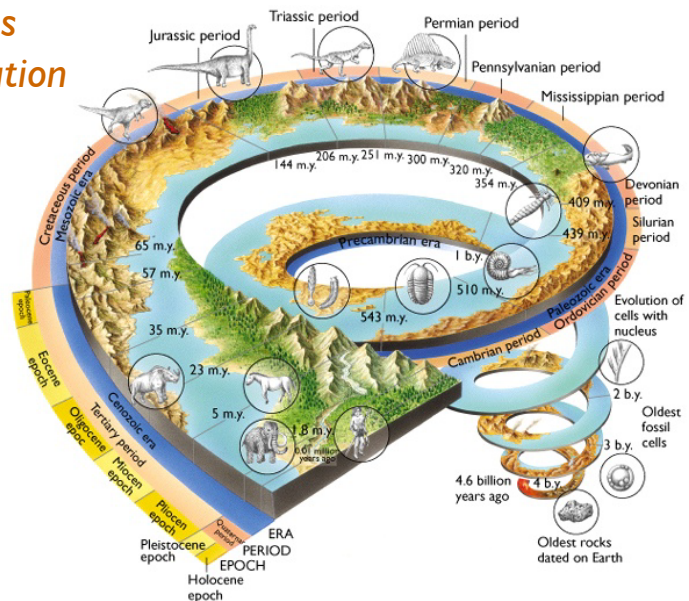
„Richtige Zeit“
Die Erde in Raum und Zeit

Erd- geschichte



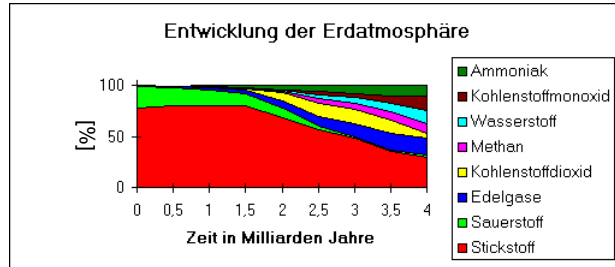
„Richtige Zeit“
Die Erde in Raum und Zeit

Geschichte des Lebens / Evolution

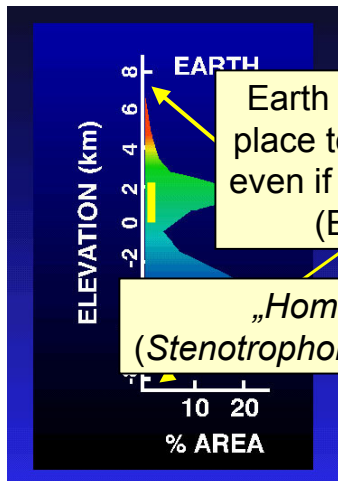




Erdgeschichte



Biosphäre: Mensch



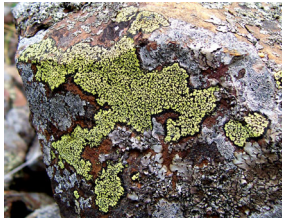
Earth is not the easiest place to be an organism, even if it is the only place (Bryson 2003)

„Homo stenohabitan“
(*Stenotrophomonas maltophilia* 2002)





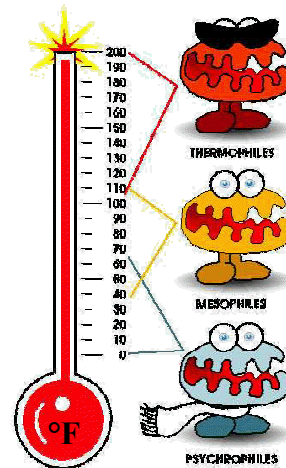
Biosphäre: extreme Lebensräume



Flechte
(*Rhizocarpon geographicum*)



Schwarzer
Raucher
(z.B. *Pyrolobus
fumarii*)



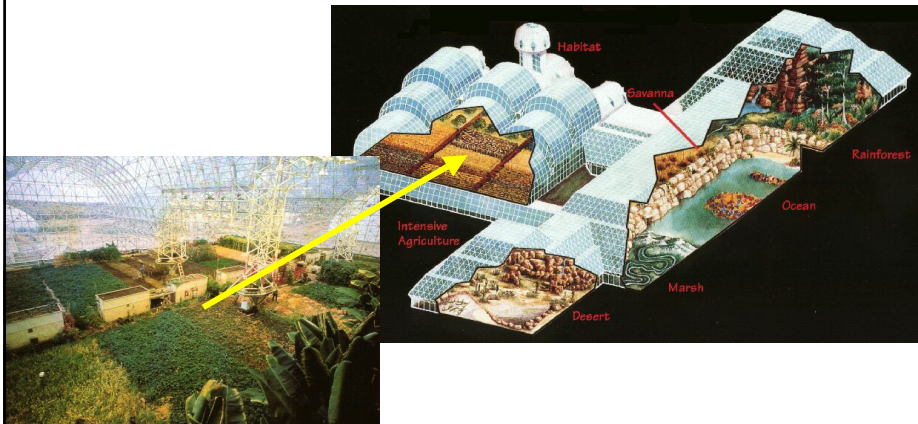
Biosphere 2

- 1. Experiment
(1991-1993):
- 1,6 Hektar
- 3800 Pflanzen- und
Tierarten
- 8 BionautInnen





Biosphere 2



Biosphere 2

Résumé:

Es ist unmöglich, die Erde in ihrer Komplexität (Vielfalt der ökologischen Wechselbeziehungen) in einem autarken technischen System nachzubauen.



Paratrechina longicornis
(Crazy ant)



Blattodea (Schaben)



Zur Terminologie



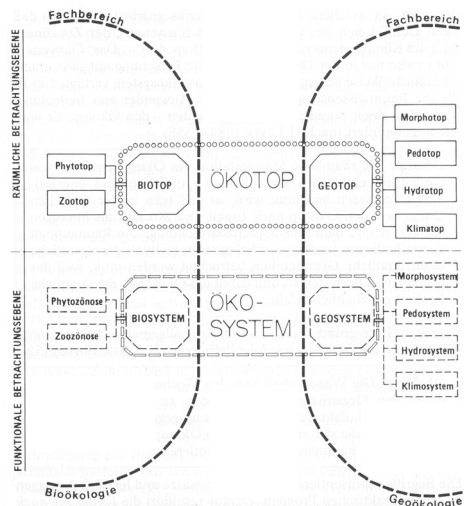
Zur Terminologie

Geo + Öko mit System? (Leser 1997)

Die **Ökologie** beschäftigt sich mit den Wechselbeziehungen der lebenden Organismen untereinander und mit ihrer unbelebten Umwelt. Untersuchungsgegenstände sind:

Ökosystem: eine sich aus abiotischen und biotischen Faktoren des Geo- und des Biosystems aggregierende Funktionseinheit der hochkomplexen realen Umwelt; stellt ein selbstregulierendes Wirkungsgefüge dar, dessen stets offenes stoffliches und energetisches System sich in einem dynamischen Gleichgewicht befinden.

Ökotoptop: räumliche Manifestation, hinsichtlich stofflichen und energetischen Prozessen eine abgrenzbare ökologische Raumeinheit.

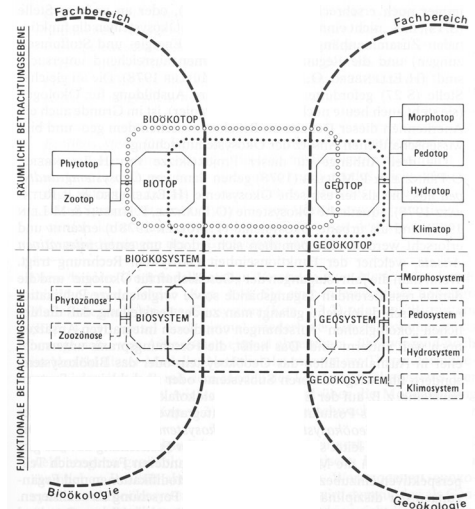




Subsysteme

Geoökosystem: Funktionseinheit eines real vorhandenen räumlichen Ausschnitts aus der Geobiosphäre (des Geökotops), die ein selbstregulierendes Wirkungsgefüge abiotischer und darauf eingestellter biotischer Faktoren bildet (offen, dynamisches System).

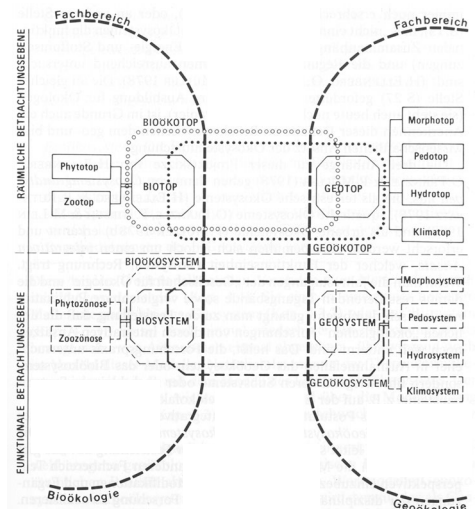
Bioökosystem: Funktionseinheit pflanzlicher und/oder tierischer Lebensgemeinschaften, welche im Bioökotop zusammenwirken, in dem sie als ein sich selbst regulierendes Wirkungsgefüge auftreten (offen, dynamisches System).



Geoökologie

Geoökologie: beschäftigt sich aus geographisch-geowissenschaftlicher Sicht mit dem Landschaftshaushalt in seiner räumlichen Ausprägung.

Bioökologie: Nachbarwissenschaft, die sich mit dem System Leben-Umwelt aus biologischer Sicht beschäftigt.



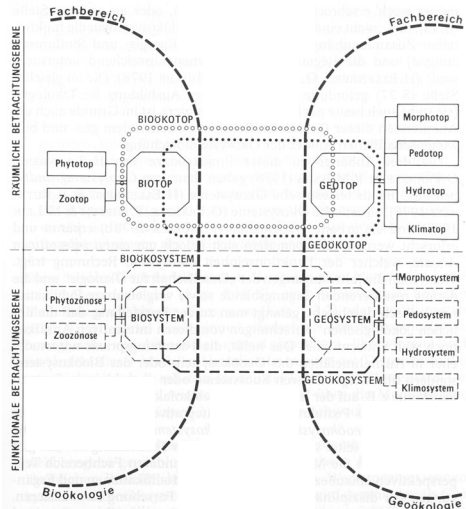


Geoökologie

Geoökologie (Leser): beschäftigt sich aus geographisch-geowissenschaftlicher Sicht mit dem Landschaftshaushalt in seiner räumlichen Ausprägung.

Geoökologie (VGöD): eine an Umweltproblemen orientierte, interdisziplinäre Naturwissenschaft. Sie zielt auf das Verständnis der Funktions- und Wirkungsweise der Umwelt, insbesondere um Probleme im Zusammenhang mit der **menschlichen Nutzung** zu erkennen.

Hierbei weist „Geo-“ auf die Raum-Bezogenheit (nicht zu verwechseln mit Geos im Sinne von abiotisch!) hin. Dies bedeutet im theoretischen Ansatz den Einbezug aller Subsysteme des Geo- und Biosystems sowie sämtlicher Einflüsse des **Anthroposystems**.

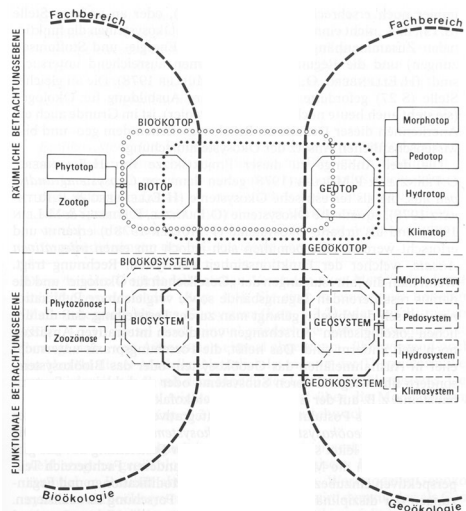


Subsysteme

Geosystem: Funktionseinheit der im Geotop zusammenwirkenden Geofaktoren Relief, Boden Wasser und Klima, die als Partialkomplexe der landschaftlichen Realität als Morpho-, Pedo-, Hydro- und Klimasystem untersucht werden können und die im Geosystem ein höherrangiges Wirkungsgefüge bilden.

Pedosystem: Funktionseinheit der im Pedotop zusammenwirkenden ökologischen und pedogenetischen Prozesse, die [...] zur Herausbildung des für den Pedotop typischen Bodens führen.

usw.

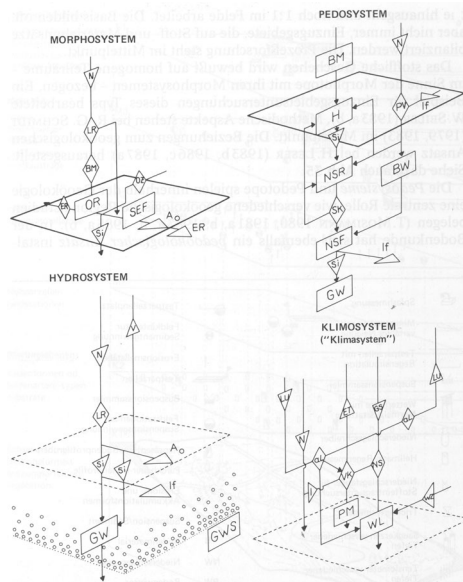




Geosystemlehre

| Systembestandteile | | Symbole |
|--------------------|-----------------------|---------------------|
| Relationen | Prozess: Input | |
| | Prozess: Output | |
| | Abhängigkeiten | $\pm - \rightarrow$ |
| Elemente | Regler (allgemein) | |
| | - Entscheidungsregler | |
| | - Intensitätsregler | |
| | - Kapazitätsregler | |
| | Speicher | |
| | Subsystem/ Teilsystem | |
| | Kanonische Struktur | |

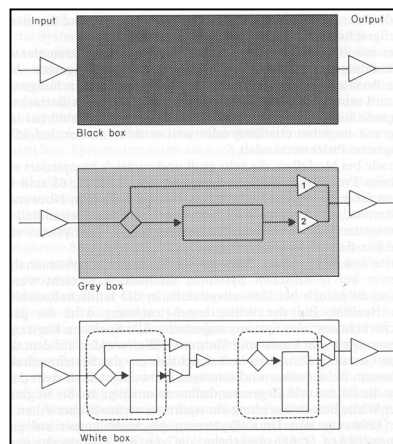
1 = ja 0 = nein



Geosystemlehre

| Systembestandteile | | Symbole |
|--------------------|-----------------------|---------------------|
| Relationen | Prozess: Input | |
| | Prozess: Output | |
| | Abhängigkeiten | $\pm - \rightarrow$ |
| Elemente | Regler (allgemein) | |
| | - Entscheidungsregler | |
| | - Intensitätsregler | |
| | - Kapazitätsregler | |
| | Speicher | |
| | Subsystem/ Teilsystem | |
| | Kanonische Struktur | |

1 = ja 0 = nein

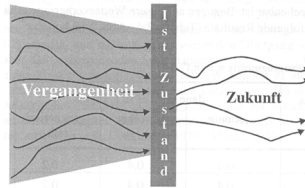




Systemeigenschaften

Wesentliche Systemkategorien

einfach – komplex
 statisch – dynamisch
 (ab)geschlossen – offen
 determiniert – stochastisch
 stabil – instabil



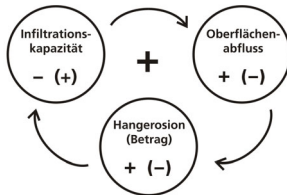
Geo(öko)system:
 stochastisches System
 mit Gedächtnis



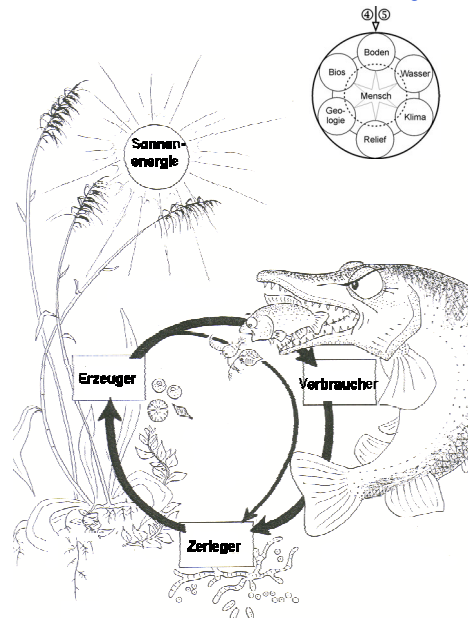
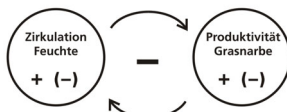
Flüsse und Feedbacks

Rückkopplungen

Indirekt, positiv, aufschaukelnd:

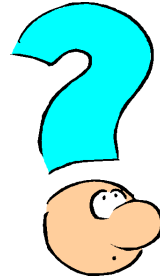
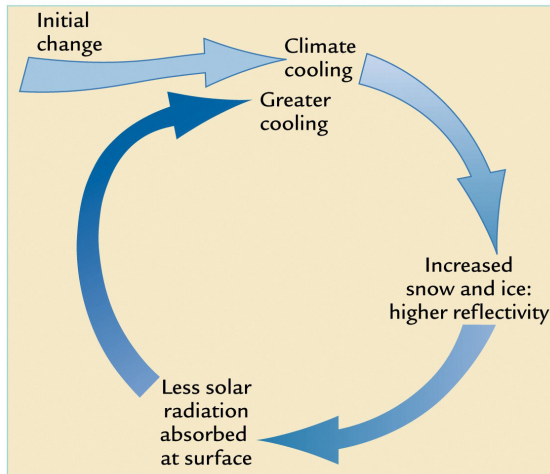


Direkt, negativ, korrigierend:





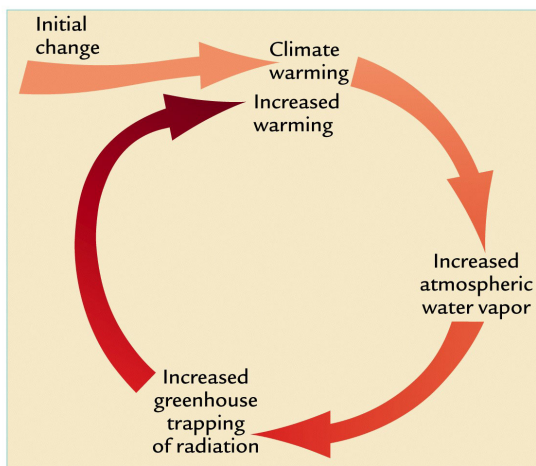
Feedbacks



Regelkreis:
Albedo -
Temperatur



Feedbacks



Regelkreis:
Wasserdampf
im Klimasystem



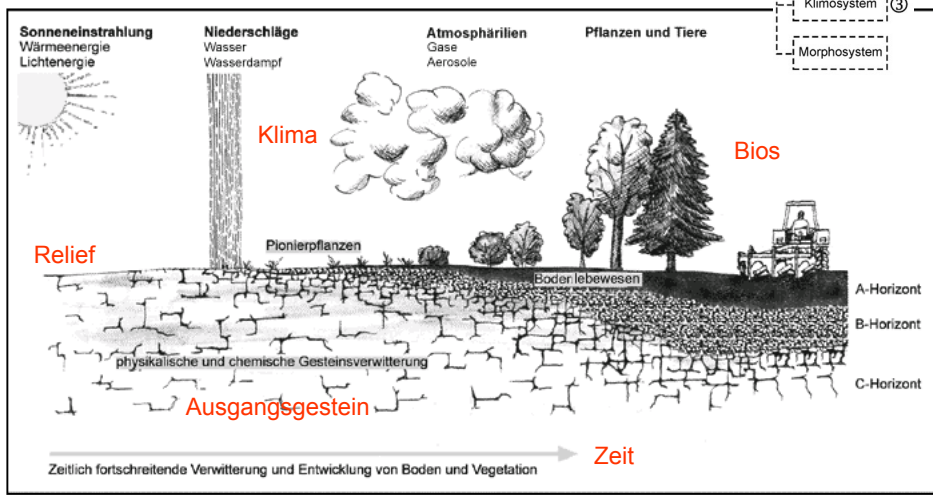
Geo-Ökosystem Erde

Subsysteme



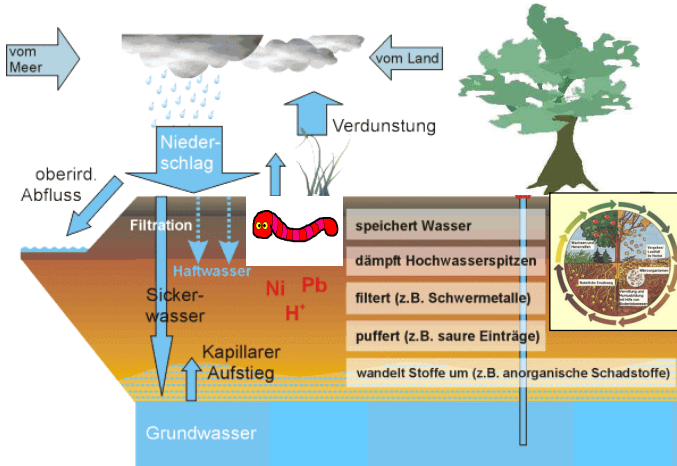
Subsysteme
Geo-Ökosystem Erde

Boden: Genese





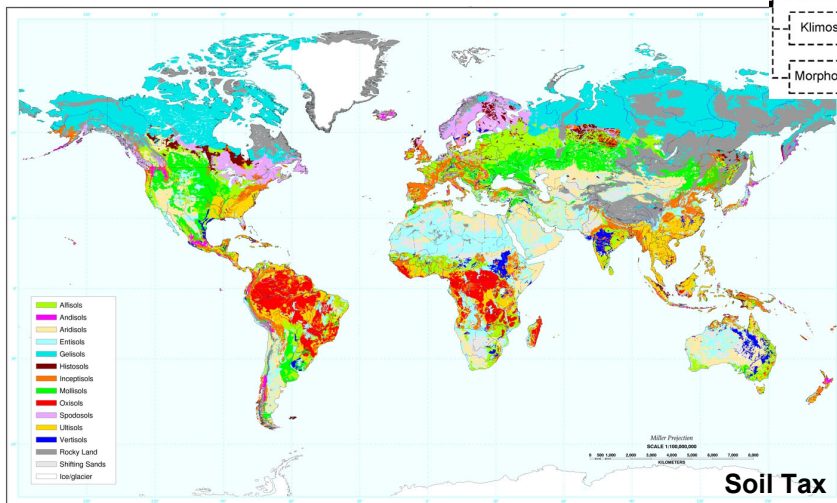
Boden: Geoökologische Bodenfunktionen



- ②a Pedosystem
- ②b Hydrosystem
- ③ Klimosystem
- Morphosystem



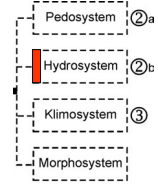
Boden: Klassifikation



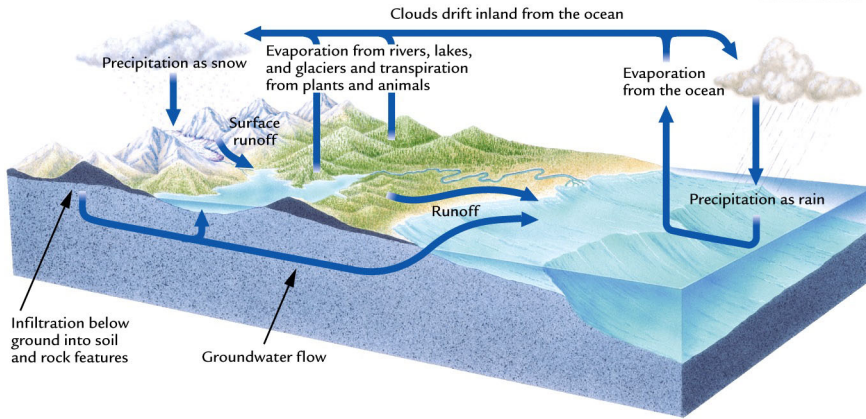
- ②a Pedosystem
- ②b Hydrosystem
- ③ Klimosystem
- Morphosystem



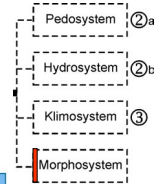
Subsysteme
Geo-Ökosystem Erde



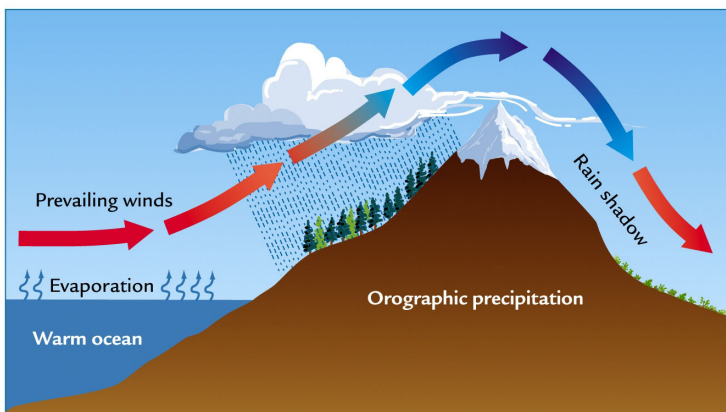
Wasserkreislauf

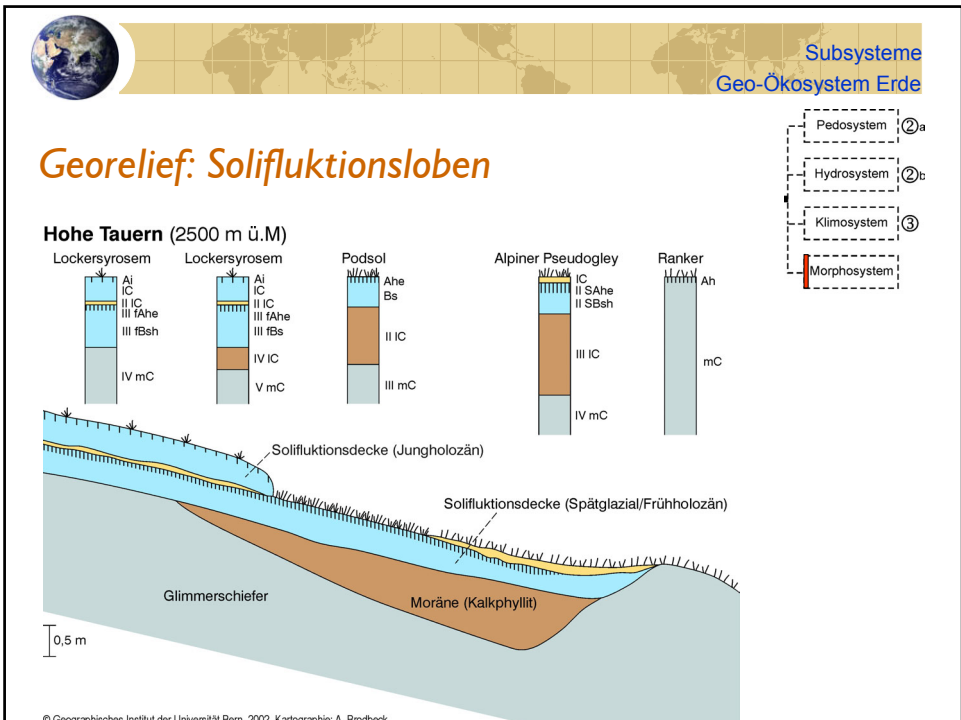
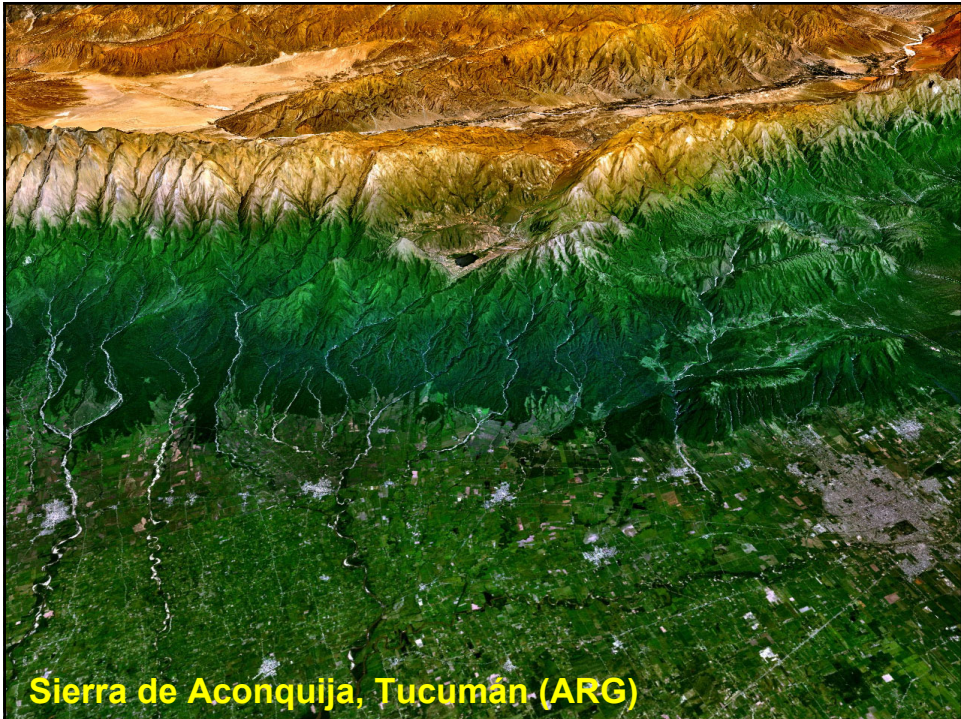


Subsysteme
Geo-Ökosystem Erde



Georelief: Orographischer Niederschlag

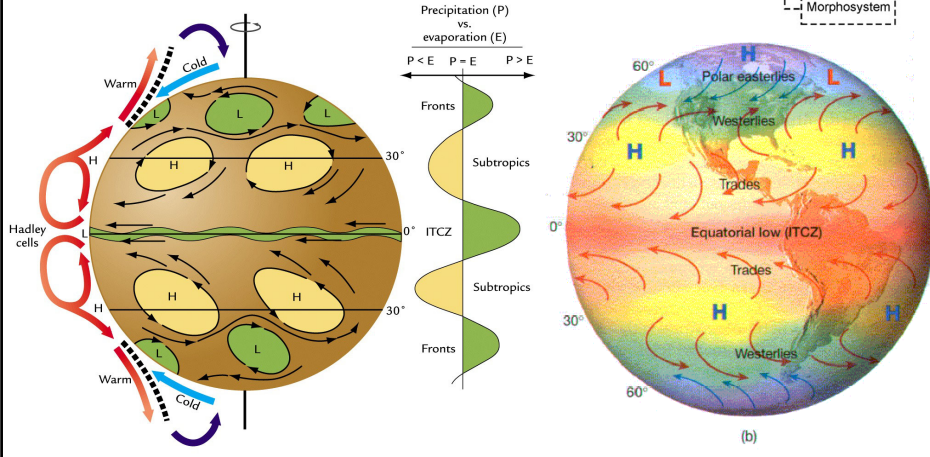






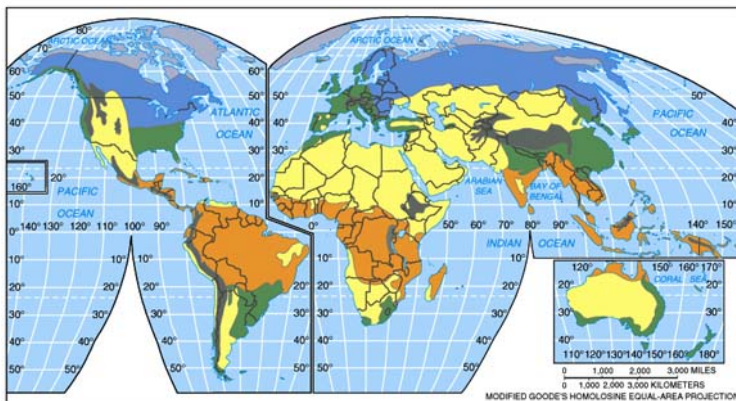
Klimasystem der Erde: Zirkulation

- Pedosystem ②a
- Hydrosystem ②b
- Klimasystem ③**
- Morphosystem



Klimasystem der Erde: Klassifikation

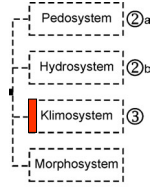
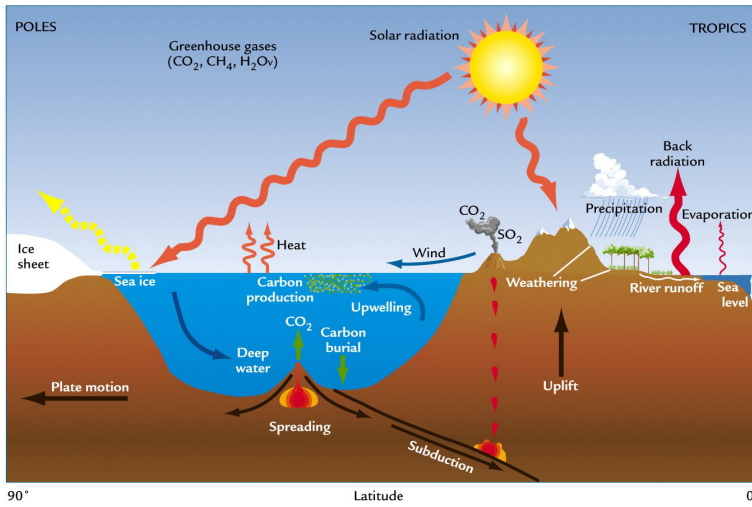
- Pedosystem ②a
- Hydrosystem ②b
- Klimasystem ③**
- Morphosystem



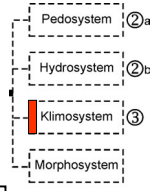
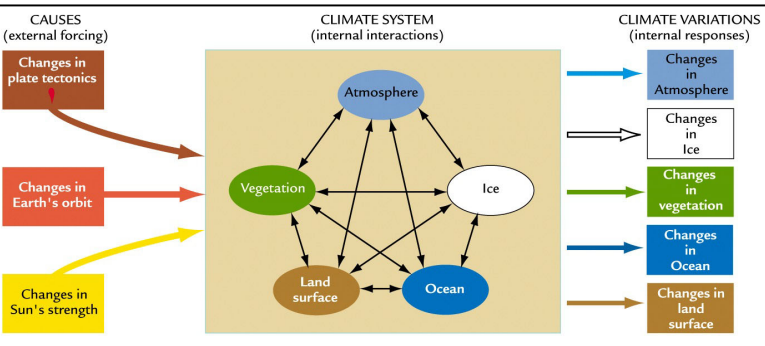
(nach Köppen)



Klimasystem der Erde

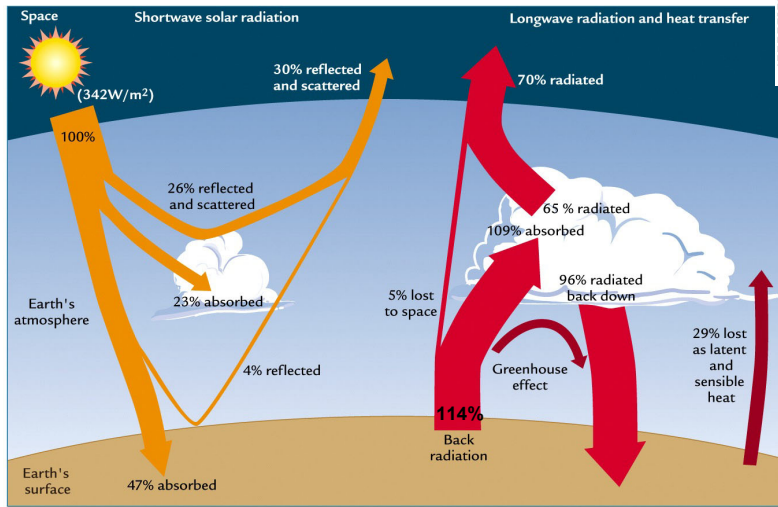
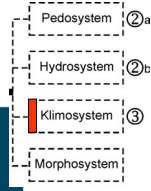


Klimasystem der Erde

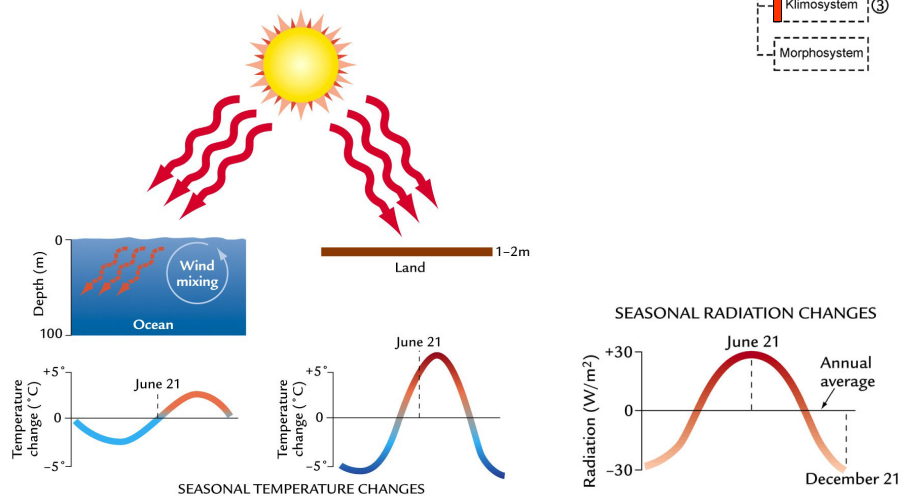
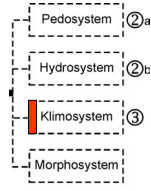




Klimasystem der Erde: Treibhauseffekt (33°C)

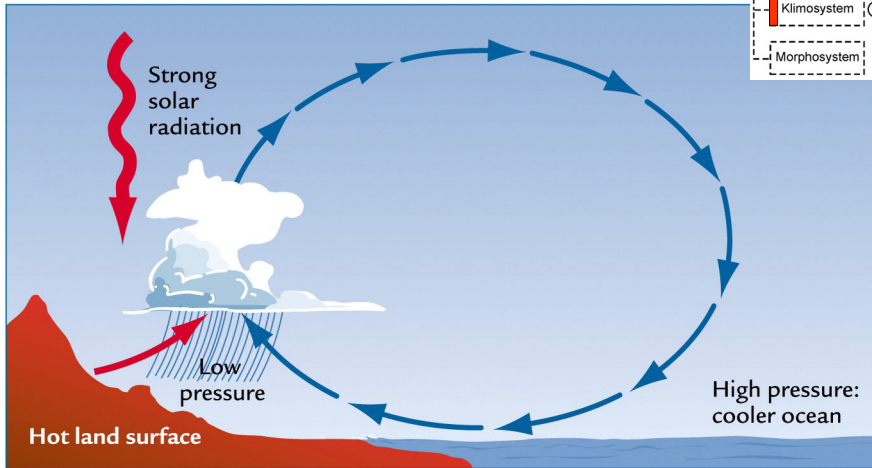


Klimasystem der Erde: Luftdruckgebiete





Klimasystem der Erde: Luftdruckgebiete

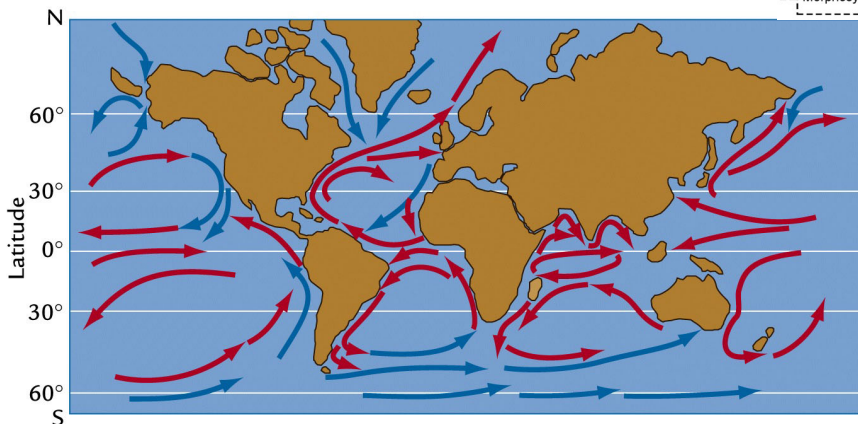


Summer monsoon

- Pedosystem (2)a
- Hydrosystem (2)b
- Klimosystem (3)**
- Morphosystem



Klimasystem der Erde: Ozeanströmungen

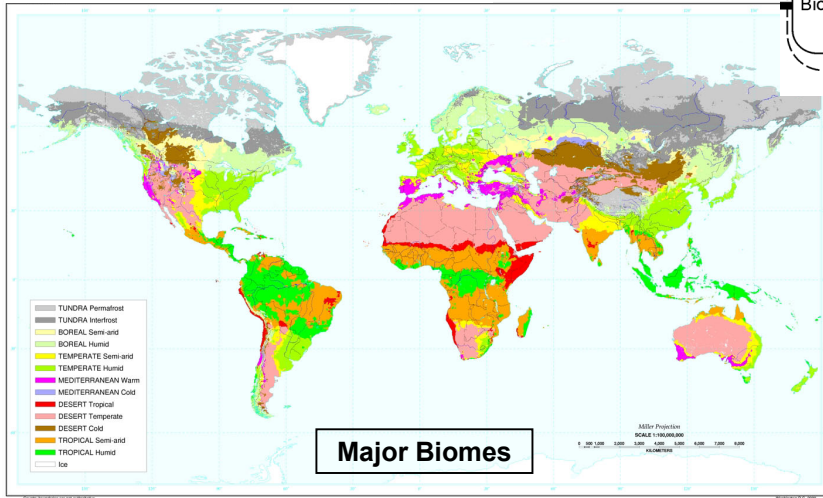
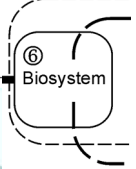


- Pedosystem (2)a
- Hydrosystem (2)b
- Klimosystem (3)**
- Morphosystem

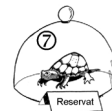


(Biologische) Ökosysteme

Bioökosystem



Biodiversität: Globale Hotspots



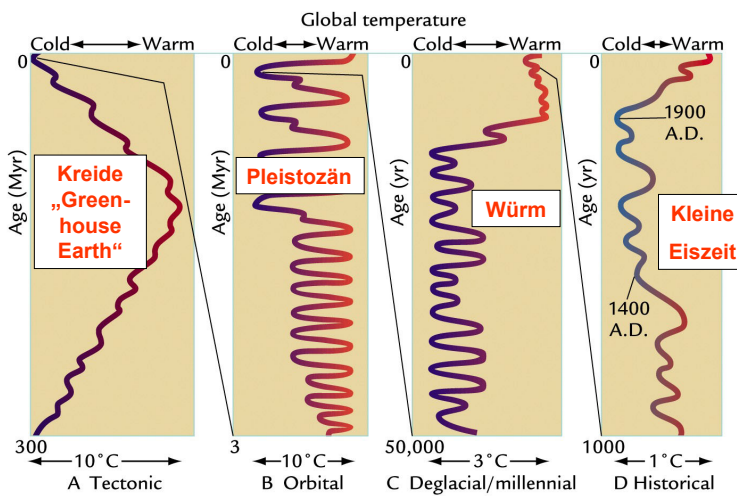


Die natürliche Dynamik

Die Erde
als System

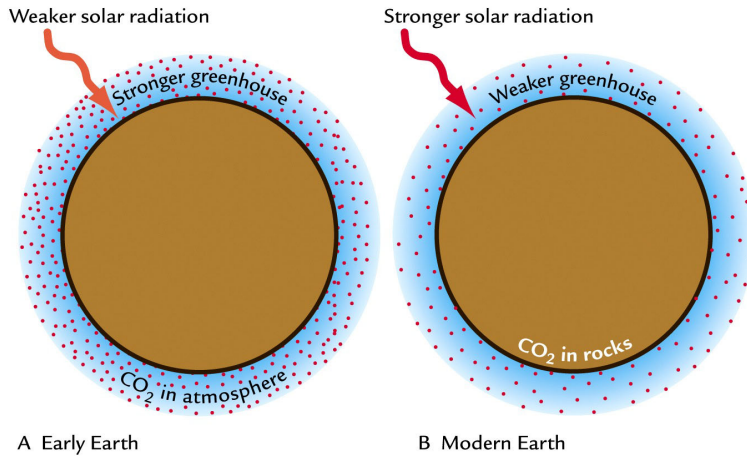


Globale Klimaschwankungen

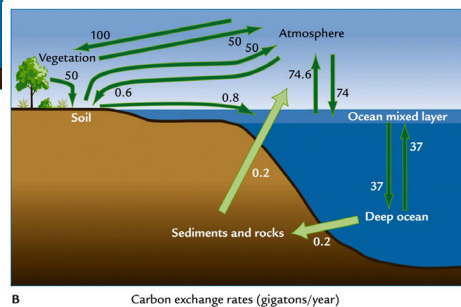
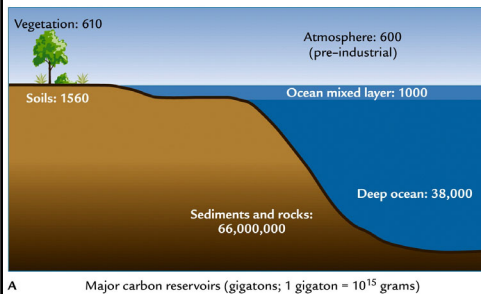
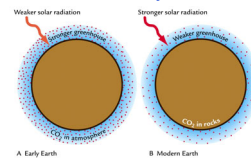




„Thermostat“: Treibhausgas CO₂



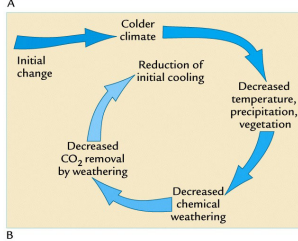
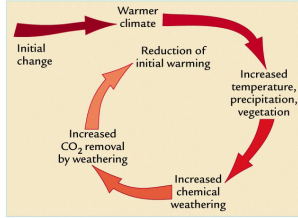
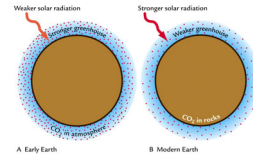
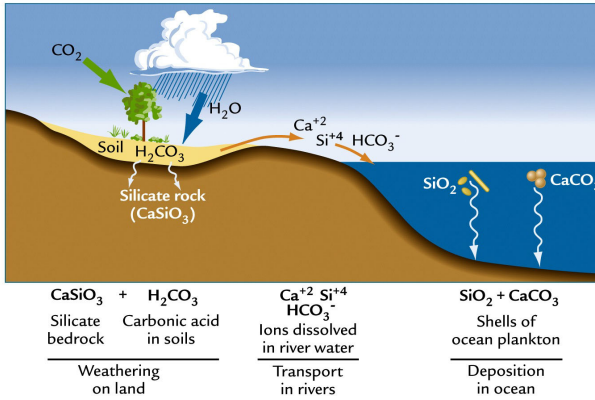
Kohlenstoff (C): Reservoirre und Flüsse





CO₂- Entzug durch chemische Verwitterung

Langfristiger „Erd-Thermostat“



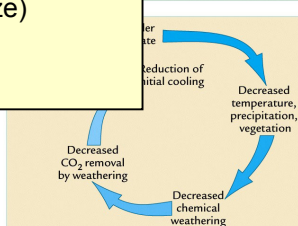
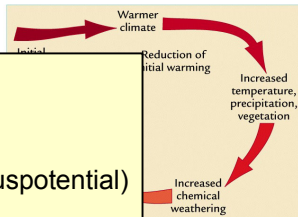
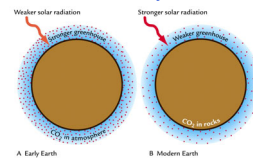
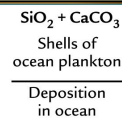
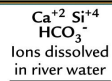
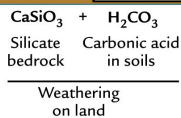
CO₂- Entzug durch chemische Verwitterung

Langfristiger „Erd-Thermostat“



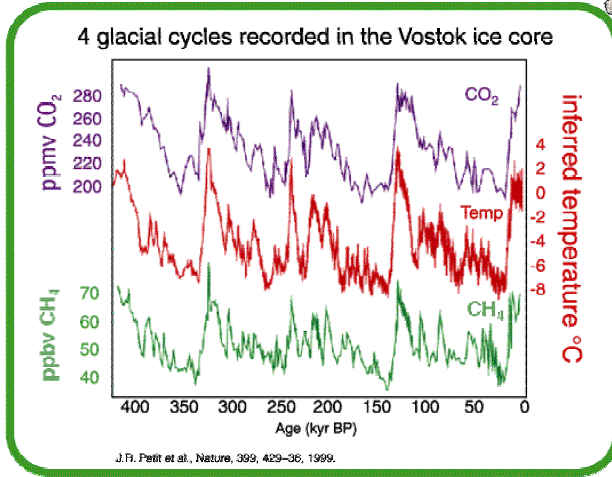
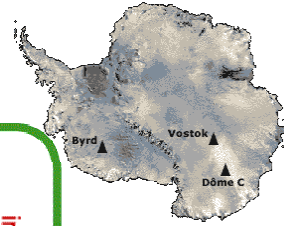
Aber: Hochkomplexes System

- andere Treibhausgase (H₂O-Dampf, CH₄, N₂O u.a. ->Treibhauspotential)
- organischer C-Kreislauf (z.B. Kohleflöze) [-> Gaia-Hypothese]
- ...





Glazialzyklen

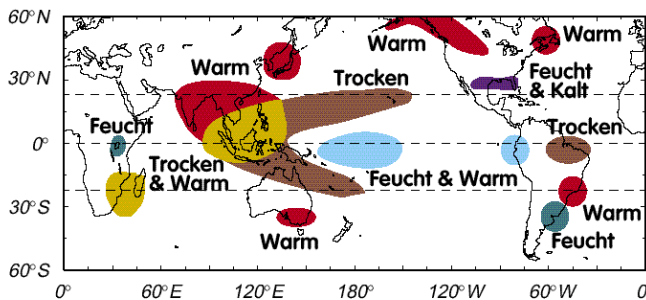


El Niño (ENSO)

Normale Wetterlage

El Niño Auswirkungen

Dezember - Februar



Infolge der ausbleibenden nährstoffreichen Auftriebsströmung weichen die Fische in andere Gewässer aus



Das Anthropozän

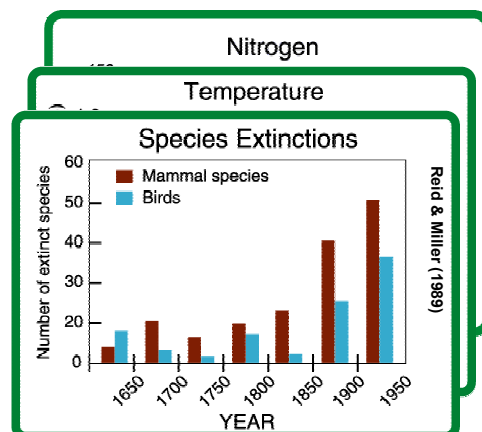
Wechselwirkungen
zwischen
Mensch und Umwelt



Was ist Global Change?

- ...globale Veränderungen, die das „Funktionieren“ des Systems Erde beeinflussen
- ...viel mehr als Klimawandel allein (climate change)
- ...natürliche als auch anthropogene Ursachen
- ...mit sozioökonomischen als auch biogeochemischen Auswirkungen

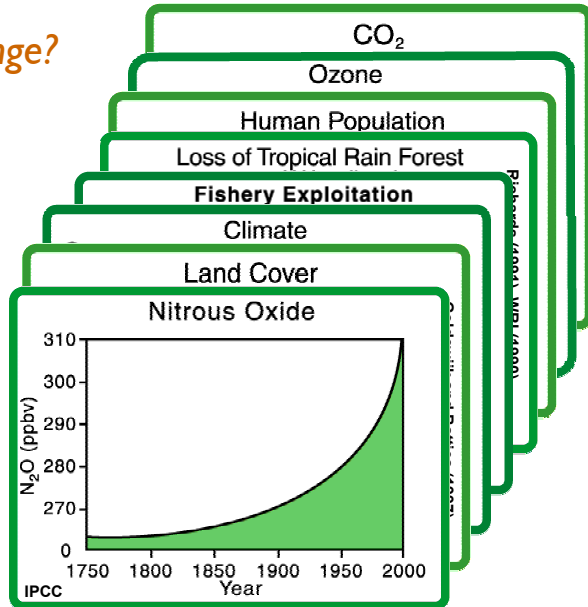
Zum Beispiel:



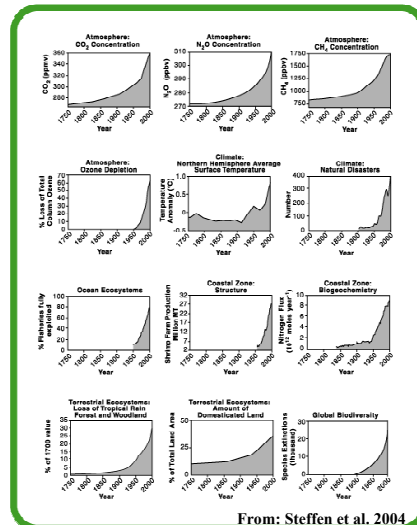
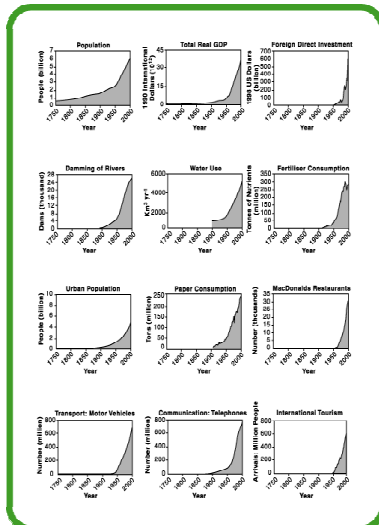


Was ist Global Change?

- Stickstofffixierung
- Temperatur
- Biodiversität
- Atmosphärische Zusammensetzung
- Bevölkerungszahl
- Abholzung
- Überfischung
- Klimawandel
- Landnutzungswandel
- Stickoxide
- etc. etc.

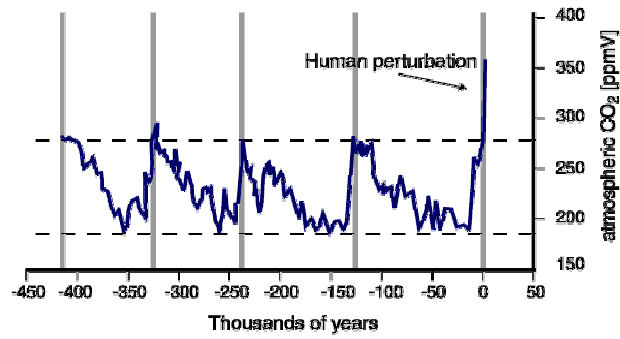


Was ist Global Change?





Das Klima des 21. Jahrhunderts

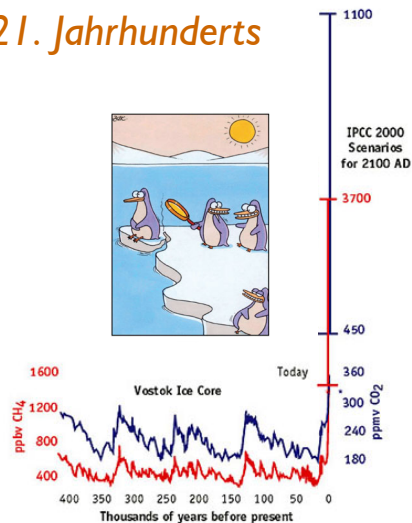


Vostok-Eisbohrkerne

Petit et al (1999)



Das Klima des 21. Jahrhunderts

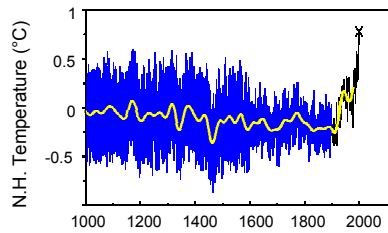


Vostok-Eisbohrkerne

Petit et al (1999)



Das Klima des 21. Jahrhunderts

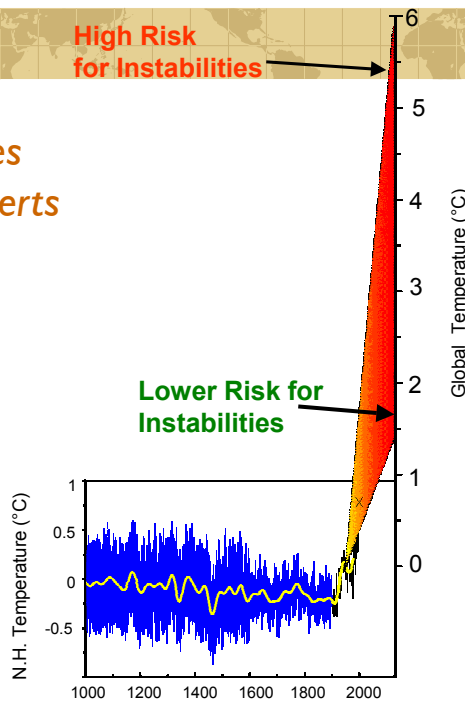


Mann et al (1999)



High Risk
for Instabilities

Das Klima des 21. Jahrhunderts



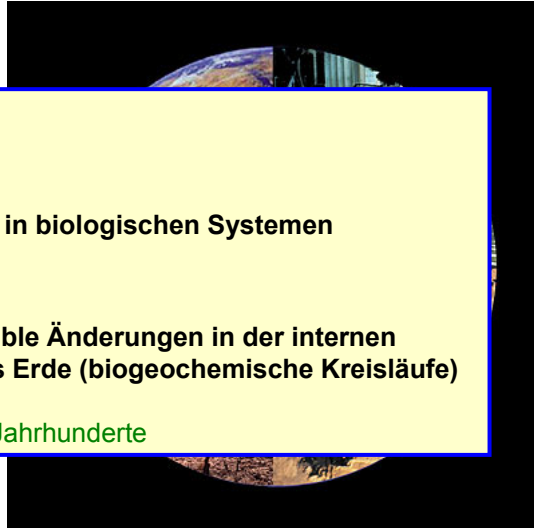
IPCC
Projections
2100 AD

Mann et al (1999)



Konsequenzen?

- **Extremereignisse**
 - lokal oder regional
 - Tage – Wochen
- **Zustandsänderungen in biologischen Systemen**
 - regional oder global
 - Jahre – Jahrzehnte
- **abrupte oder irreversible Änderungen in der internen Dynamik des Systems Erde (biogeochemische Kreisläufe)**
 - global
 - abrupt – Jahrzehnte – Jahrhunderte
- Militärische Auseinandersetzungen (Wasser)...



Earth System Science





International Geosphere-Biosphere Programme

IGBP is an international scientific research programme on **global change**. Its objective is:

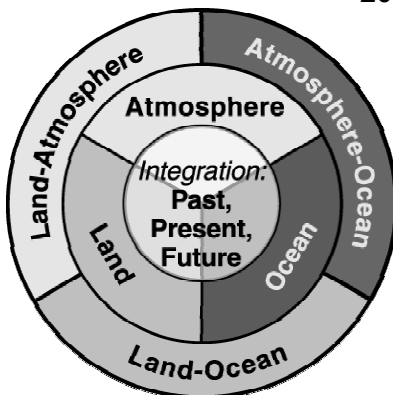


- to describe and understand Earth System dynamics,
- focusing on the interactive biological, chemical and physical processes,
- the changes that are occurring in these dynamics,
- and the role of human activities in these changes.

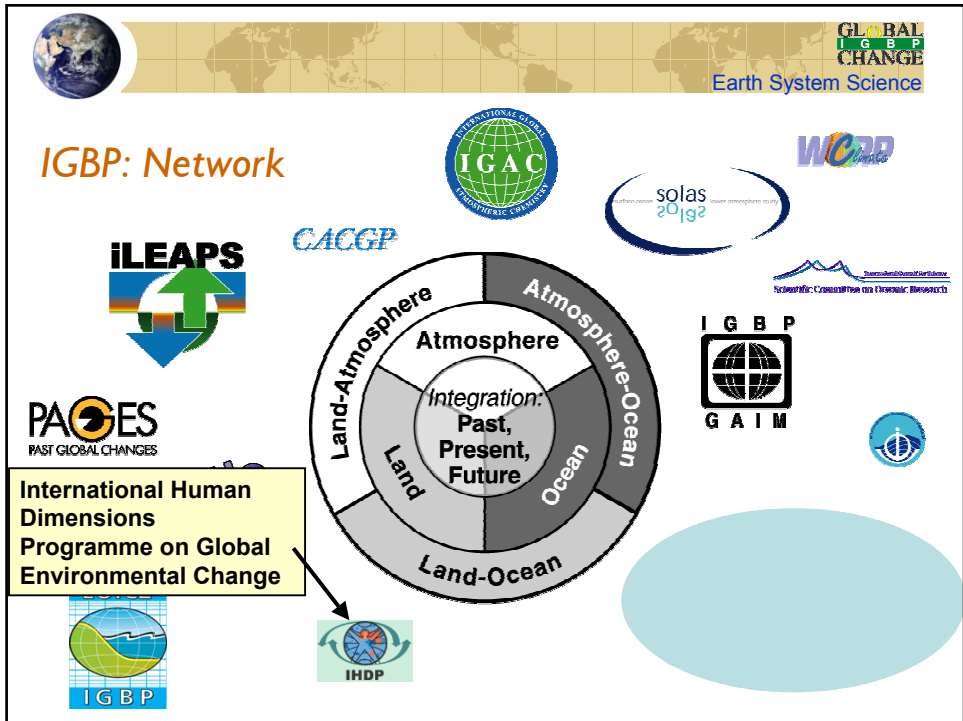


IGBP: Structure

2004: new structure, with a focus on:



- biogeochemical sciences with relevance to issues of societal concern
- interdisciplinarity and integration
- Earth System context



The diagram illustrates the IGBP Products. It features a list of products on the left and a collage of IGBP publications on the right.

IGBP: Products

- Synthesis papers
- Journal special issues
- Books (e.g., IGBP Series)
- Science Plans
- Quarterly Newsletter
- Science Series
- Annual Report
- IGBP & project brochures
- IGBP Directory
- Website [www.igbp.net]
- PowerPoint presentations
- Press releases, events

The collage on the right includes:

- A screenshot of the IGBP website.
- A book cover titled "Atmospheric Chemistry in a Changing World".
- A book cover titled "Global Change and the ...".
- A book cover titled "Global Change Biology".
- A book cover titled "The new and evolving IGBP".
- A book cover titled "IGBP II - Special Edition".
- A book cover titled "Global Change News Letter".



IGBP: Synthesis

- Biological processes play a much stronger role than previously thought in Earth System functioning
- Global change is more than climate change. It's real, it's happening now and it's accelerating
- The Earth's dynamics are characterised by critical thresholds and abrupt changes
- Human activities drive multiple, interacting effects that cascade through the Earth System in complex ways with potentially catastrophic consequences
- **The Earth is currently operating in a no-analogue state**



Literatur

- Blumenstein, Oswald, Schachtzabel, Hartmund, Barsch, Heiner, Bork, Hans-Rudolf & Udo Küppers (2000): Grundlagen der Geoökologie - Erscheinungen und Prozesse in unserer Umwelt. Springer-Verlag, Berlin, 260 S.
- Bryson, Bill (2005): Eine kurze Geschichte von fast allem. Goldmann, 672 S.
[Bryson, Bill (2003): A Short History of Nearly Everything. Black Swan, 688 pp.]
- IGBP (2001): Global Change and the Earth System: A Planet Under Pressure. The Global Environmental Programmes. Edited by Will Steffen and Peter Tyson. Stockholm, 32 pp.
[http://www.igbp.kva.se/uploads/ESO_IGBP4.pdf]
- IPCC (2001): Klimaänderung 2001: Synthesebericht. Zusammenfassung für politische Entscheidungsträger. 42 S.
[http://www.ipcc.ch/pub/nonun/IPCC02_Synthese_D.pdf]
- Klug, Heinz & Robert Lang (1983): Einführung in die Geosystemlehre. Wissenschaftliche Buchgesellschaft Darmstadt, 187 S.
- Leser, Hartmund (1997): Landschaftsökologie. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart, 644 S. (v.a. Kap. 4)
- Nentwig, Wolfgang, Bacher, Sven, Beierkuhnlein, Carl, Brandl, Roland & Georg Grabherr (2004): Ökologie. Spektrum Akademischer Verlag, Elsevier GmbH, München, 466 S. (Kap. 5-7)
- Palmer, Douglas (2004): Die Geschichte des Lebens auf der Erde. Vier Milliarden Jahre. Primus, Darmstadt, 175 S.
[Palmer, Douglas (2003): Prehistoric Past Revealed: The Four Billion Year History of Life on Earth. Mitchell Beazley, 176 pp.]
- Press, Frank & Raymond Siever (2003): Allgemeine Geologie. Einführung in das System Erde. Spektrum Akademischer Verlag, Elsevier GmbH, München, 723 S.
[Press, Frank, Siever Raymond & John Grotzinger (2004): Understanding Earth. W.H. Freeman, 567 pp.]
- Ruddiman, William F. (2001): Earth's Climate. Past and Future. W. H. Freeman and Company, New York, 465 pp.
- Steffen, W., Sanderson, A., Jäger, J., Tyson, P.D., Moore III, B., Matson, P.A., Richardson, K., Oldfield, F., Schellnhuber, H.-J., Turner II, B.L. & R.J. Wasson (2004): Global Change and the Earth System. A Planet Under Pressure. Springer Verlag, Heidelberg, 336 pp. (2nd printing, 2005)